

고온용 PV module을 위한 PVB film 광특성 연구

이상훈¹, 김경수², 강기환², 유권종², 안형근¹, 한득영¹
 건국대학교¹, 한국에너지기술연구원²

The analysis on PVB film optical characteristics for PV module generating in high-temperature

Sang-Hun Lee¹, Kyung-Soo Kim², Gi-Hwan Kang², Gwon-Jong Yu², Hyung-Keun Ahn¹, Deuk-Young Han¹
 Konkuk University¹, Korea Institute of Energy Research²

Abstract - According to the advance that solar power plants go into the desert, power plants are getting greater capacity. The desert is unspoiled resources and it is well suited to build a solar power plant, because of abundant solar radiation and long sunshine duration. but existing PV modules have several weaknesses and don't generate lower the rated power, because it wasn't designed to produce in extreme environments like a desert climate. The one of the weaknesses of PV modules is that the characteristics of the temperature of the Encapsulants(EVA sheet) are not good in a desert climate, because the EVA sheet is melt at high temperature. In this study, a decrease phenomenon of the transmittance depending on the melting point of the Encapsulant(PV module using EVA sheet : 75℃ PV module using PVB film : 110℃) is suggested, it would be the one of the important factors to achieve rated output of the PV modules in high temperature climate regions.

기 호 설 명

- T : 투과율
- I₀ : 입사광(光) 세기
- I : 물질을 통과한 빛의 세기

1. 서 론

최근 태양광 발전의 사막 진출에 따라 발전소 용량이 대용량화 되고 있다. 사막은 일사량이 풍부하고 일조시간이 길기 때문에 천혜의 자원이라 할 수 있고, 인구 및 대지 이용률도 낮기 때문에 태양광 발전소를 건설하기에도 매우 적합하다. 하지만 기존에 존재하는 PV module들은 사막과 같이 열악한 환경에서 발전하도록 개발되지 않았기 때문에 사막 기후에서 여러 가지 약점을 보이며 제 성능을 발휘하고 있지 못하다. 그 약점중 하나로 대부분 PV module에서 Encapsulant로서 사용되는 EVA eet(Ethylene Vinyl Acetate sheet)의 온도특성을 들 수 있는데, EVA sheet는 높은 온도에서 용해되는 성질 때문에 사막과 같은 기후조건에 취약하다는 점이다. 사막의 기후는 낮에는 고온이고, 밤에는 저온이기 때문에 EVA sheet가 일교차에 따라 용해와 경화를 반복하면서 제조사에서 보장하는 PV module의 출력 및 품질에 영향을 줄 수 있다. 따라서 PV module의 Encapsulant로서 사용되어지는 EVA sheet 온도특성의 취약점을 보완하고자, 고온성의 기후에서는 EVA sheet보다 내열성이 뛰어나다고 알려진 PVB film(PolyVinyl Butyral film)을 사용하는 것을 가정하였고, PVB film으로 PV module 구성시 그 적합성을 판단하고자 한다. 본 논문에서는 그에 대한 첫 번째 연구로 PVB film의 광(光)특성에 대한 분석을 수행하였고, PVB film을 EVA sheet와 비교하였을 때의 장단점과 그 밖의 특성들을 제공함으로써 고온용 PV module제작을 위해 필요하거나 개선해야할 요소들을 제시하고자 한다.

2. 본 론

2.1 PVB film 과 EVA sheet의 특성

PVB film은 열가교성 수지로서 EVA sheet와 같이 PV module에서 태양전지 및 구성회로를 보호하는 역할을 하며, 주로 BIPV module에 사용된다. PVB film은 EVA sheet와 비교했을 때, 표 1과 같은 장점을 지니며[1], 가격 및 공정조건 등이 단점으로서 지적된다. 그리고 표 2에서는 PVB film과 EVA sheet를 이용한 시료의 라미네이션 공정조건에 대해서 소개하였는데, PVB film은 Curing과정이 생략되고 공정온도가 더 높은 것을 알 수 있다.

〈표 1〉 Advantage of PVB film compared with EVA sheet

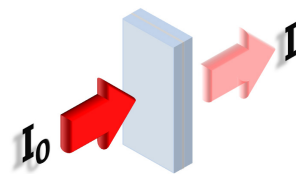
	PVB film	EVA sheet
보관성	장기보관 가능	장기보관 불가
Recycling	가능	불가
가교성	무(無)가교성	가교성
Curing 공정	無	有

〈표 2〉 Process conditions of PVB film and EVA sheet

Classification	Equipment Process	Laminator		Curing	cooling
		Pumping	Press		
EVA sheet	Temperature	110 [°C]	110 [°C]	147 [°C]	110 [°C]
	Time	6 [min]	4 [min]	5 [min]	2 [min]
PVB film	Temperature	160 [°C]	160 [°C]		-
	Time	15 [min]	20 [min]		-

2.2 투과율

태양광 스펙트럼은 파장별로 다른 크기의 에너지를 가지고 있고 이 중 인 빛이 어떤 물질에 입사되었을 때에는 표면에서 반사, 굴절, 산란되거나 물질에 흡수 또는 투과된다. PV module에서는 물질에 따른 광(光)특성들을 이용하는, 예를 들면 전면 Glass의 투과율을 높이거나 후면 Backsheet의 반사율을 높이는 등의 방법으로 출력을 높이고 있다. 그 중에서 태양전지에 입사되는 빛의 양을 크게 하기 위해서 전면 Glass 및 Encapsulant의 투과율을 높이는 것이 중요하는데, 여기서의 투과율은 빛이 그림 1과 같이 입사되었을 때, 식(1)과 같이 표현된다.



〈그림 1〉 Transmittance of a beam of light

$$T = \frac{I}{I_0} \quad \dots (1)$$

2.3 실험 방법

본 실험을 통하여 고온성 기후 속에서 PVB film으로 PV module구성 시의 반사율 및 투과율 등의 파장대역별 특성을 보고자하는 것이기 때문에, 시료로 쓰일 PV module은 PVB film이외에 실험결과 값에 영향을 미칠 수 있는 변수를 줄이기 위한 목적으로 태양전지 및 버스바 리본 등을 제외하고 제작되었다. 시료는 두께가 5 [mm]이고 한 번의 길이가 5 [cm] 크기의 저철분 유리위에 Encapsulant를 적층한 뒤, 다시 저철분 유리를 적층한 형태로서 Encapsulant의 최대 특성을 얻어내기 위하여 각각의 제조업체에서 제공한 공정조건에 맞추어 제작되었다. 실험에 사용된 Encapsulant의 종류로는 EVA sheet(Ethylene Vinyl Acetate sheet)와 PVB film(PolyVinyl Butyral film)이 사용되었다.

제작된 시료는 고온성 기후 속에서 PV module이 발전할 때 감당하게 될 온도인 75 [°C] 와 95 [°C]를 기준으로 15 [°C]의 간격을 두고 시험 온도를 설정한 뒤, 장비를 통해 파장대역별 반사율 및 투과율을 측정하였다.[2] 설정된 온도는 초기치 25 [°C]를 제외한 60 [°C], 75 [°C], 85 [°C], 95 [°C], 110 [°C]이고, 반사율 및 투과율 측정장비는 JASCO사의

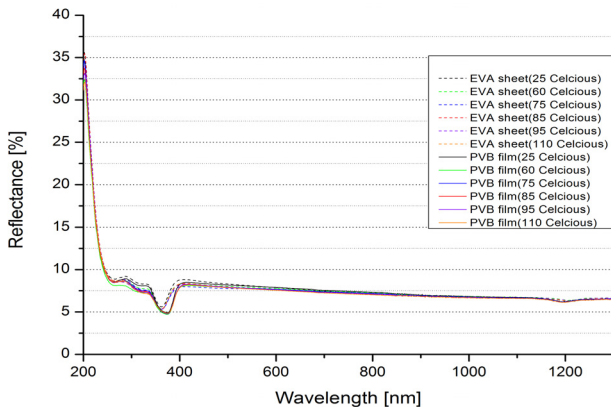
Spectroparameter V-670을 사용하였다.

실험결과의 신뢰성을 확보하기 위하여 실험은 총 3회 실시하였으며, PVB film의 무가교 특성 때문에 EVA sheet의 gel content 시험을 통한 cross linking 비교는 불가하였다.

2.4 실험 결과 및 고찰

2.4.1 반사율(Reflectance)

제작된 시료를 통한 반사율 측정 결과, PVB film 및 EVA sheet의 파장대역에 따른 반사율 그래프는 그림 2와 같은 형태로 표현된다. 시료의 반사율이 이러한 형태로 표현되는 요인으로는 PVB film 및 EVA sheet와 같은 Encapsulant의 특성뿐만 아니라 Encapsulant의 전·후면에 접촉된 Glass의 특성도 가미되었기 때문이다.[3] 반사율은 PVB film과 EVA sheet 모두 온도가 증가할수록 약간의 감소를 보이긴 하지만 그 감소량이 25℃ 기준치대비 1%미만의 미소량이기 때문에 주어진 파장대역에서 거의 동일한 형태를 보이고 있다. 다만, 330 ~ 400 [nm]대역에서 PVB film의 경우 반사율이 EVA sheet보다 더 빠르게 감소하는 경향을 보여 PVB film은 370 [nm] 대역에서, EVA sheet는 360 [nm] 대역에서 peak value를 갖고, 그 peak value의 차이도 약 0.6 [%]의 차이를 갖는다. 하지만 280 [nm] 이하의 영역에서는 두 시료의 반사율이 다시 비슷해지는 양상을 보이게 되고, 250 [nm] 이하의 대역에서는 두 종류의 시료 모두 파장이 짧아질수록 반사율이 급상승하는 모습을 보인다. 통상적으로 400 [nm] 이하의 파장대역은 자외선영역으로 정의되며 이 영역대의 광(光) 파장은 태양전지 및 PV module의 구성요소에 해로운 영향을 미쳐 PV module의 노화를 촉진시키므로 자외선 대역에서의 반사율이 높을수록 좋다고 할 수 있다. 330 ~ 400 [nm]의 특정영역에서 PVB film이 EVA sheet보다 자외선 반사율이 조금 떨어지긴 하지만, 그 대역폭이 좁고 그 반사율의 차이가 미비하다는 점을 미루어 보아 PVB film과 EVA sheet 사이의 반사율 차이는 거의 없다고 볼 수 있다.



〈그림 2〉 Reflectance of EVA sheet and PVB film

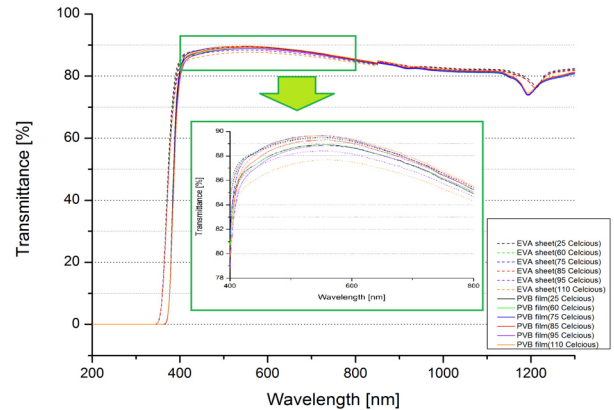
2.4.2 투과율(Transmittance)

시료의 투과율 측정 결과, PVB film 및 EVA sheet의 파장대역에 따른 투과율 그래프는 그림 3과 같은 형태로 표현된다. 이미 알려진 바와 같이 투과율은 온도증가에 영향을 받아 감소하는 현상이 관찰된다.[4] 여기서 초점을 맞춘 파장대역은 태양광 발전에 이용되는 400 ~ 800 [nm]의 대역폭을 가지는 가시광선 영역으로서, 이 영역에서의 PVB film과 EVA sheet의 온도에 따른 투과율을 그림 3의 녹색 선으로 이루어진 박스안의 그래프에서 비교하였다. 본 논문 내에서 특별한 언급이 없는 한, 투과율은 400 ~ 800 [nm]의 대역폭내의 값만을 지칭하기로 한다.

가시광선 영역에서의 EVA sheet와 PVB film의 투과율은 온도에 따라 변화하게 되는데, 가시광선 파장대역에서의 온도별 평균 투과율의 표준 편차는 EVA sheet의 경우 약 0.737 [%], PVB film의 경우 약 0.335[%]로서 약 2배 정도의 차이를 보인다. 그리고 온도별 평균 투과율은 EVA sheet의 경우 약 88 ~ 86 [%]의 값들을 가짐으로서 온도변화에 따라 2 [%] 가량 감소한 반면, PVB film의 경우 88 ~ 87 [%]로 약 1 [%] 가량의 변화량을 보였다.

또한 주목할 점은 EVA sheet 및 PVB film의 투과율이 온도증가에 따라 일방적인 감소현상을 보이지 않았다는 점이다. EVA sheet의 경우 온도증가에 따라 투과율이 감소하다가 75 [℃]에서 최대치를 갖게 되고, PVB film의 경우 110 [℃]에서 최대치를 갖는다. 이러한 현상을 보이는 이유는 Encapsulant 매질에 따른 녹는점이 영향을 주었을 것이라 사려된다. EVA sheet의 녹는점은 약 68 ~ 70 [℃], PVB film의 녹는점은 약 95 ~ 100 [℃]이므로 최대치를 갖는 온도보다 조금 낮다. 하지만 실제

실험에서 측정된 온도는 Glass 표면의 온도이므로 Glass의 열전달에 의해 실제 Encapsulant의 온도는 표면온도보다 조금 낮을 것이다. 따라서 최대치를 갖는 온도가 매질의 녹는점이고, 매질이 녹는(고체에서 액체로 변하는) 과정에서 빛의 투과가 더 수월했을 것이라 분석된다. 하지만 그 이후의 온도에서는 감소량이 이전에 비해 커지는 경향을 보였다.



〈그림 3〉 Transmittance of EVA sheet and PVB film

3. 결 론

에너지 분쟁 및 지구온난화가 가속화될 것을 우려해 세계적으로 사막 혹은 황무지와 같은 극한 기후에 태양광발전소를 설치하려는 움직임이 계속되고 있고, 극한 기후에 버틸 수 있는 PV module을 만들어내려는 연구도 계속되고 있다. 앞서 시행된 실험은 이러한 고온성의 극한 기후에서는 PV module Encapsulant로서 이용되어온 EVA sheet의 단점을 보완하고자 PVB film이라는 대안을 제시하였고, 발전소가 건설될 지역의 기후특성에 맞추어 건설자 혹은 설계자가 EVA sheet와 PVB film을 고려하여 선택할 수 있도록 PV module이 감당해야 할 수도 있는 고온영역에 따른 투과율의 변화 곡선을 제시하였다. 그리고 Encapsulant의 녹는점에 의해 온도증가에 따른 투과율의 감소가 일방적으로 이루어지지 않음을 보였고, 이에 따라 시공자들은 PV module 설치할 때 설치지역 기후에 따라 Encapsulant의 녹는점을 고려하여야 할 것이다.

지역에 따라 PV module의 동작온도가 75 [℃] 이하일 경우에는 EVA sheet를 사용하는 것이 경제적 효과를 얻을 수 있고, 75 ~ 110 [℃] 사이의 온도일 경우에는 PVB film을 사용하는 것이 합리적일 것이다. 그리고 110 [℃] 이상의 온도에서 투과율뿐만 아니라 PV module이 안정적으로 전력을 생산해 낼 수 있도록 EVA sheet 및 PVB film의 내열성을 높이는 것이 고온용 모듈의 상용화를 위하여 반드시 이루어져야 할 부분이라고 사려된다.

향후 연구에서는 PVB film을 Encapsulant로 사용한 PV module을 이용하여 UV(UltraViolet) 노출시험과 더불어 고온용 PV module의 요구조건에 걸맞도록 좀 더 특화된 온도cycle 실험을 시행하여 그에 대한 결과를 고찰하고 문제점이 있다면 그 해결방안에 대하여 연구하도록 할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김관영, "태양전지 모듈에 사용되는 EVA와 그 특성", 한화케미칼 플라스틱뉴스, 2010.12.
- [2] 강기환, "고온 사막용 PV모듈 및 고 이용율 시스템 개발", 2011 신·재생에너지기술개발사업 기획보고서, 2011.3
- [3] Zhao Ruo Fei, "Photovoltaic Encapsulant Optical Property Study", Dupont R&D Center, 2009.5.5
- [4] 우성철, 정태희, 민용기, 강기환, 안형근, 한득영, "Photovoltaic module의 발전 온도에 따른 EVA 광 특성 연구", 한국태양에너지학회, 춘계학술발표대회 논문집, VOL.31, NO.1, 2011.4.7